

水田転換畑におけるダイズの過湿障害

第 4 報 湿害発生時における根粒の役割について*

杉 本 秀 樹・佐 藤 亨

(愛媛大学農学部)

平成 2 年 4 月 26 日受理

要 旨：湿害発生時におけるダイズの根粒着生の意義を明らかにするために、根粒着生系統「T 202」と根粒非着生系統「T 201」の同質遺伝子系統を転換畑で栽培し、花芽分化期、開花期および登熟期に 8～10 日間、畦間に 5～8 cm の深さに水を溜めて過湿処理を行った。

葉身窒素含有率ならびに乾物生産は、両系統ともいずれの生育段階においても過湿処理によって減少したが、その程度は T 202 の方が小さかった。花芽分化期と開花期においては、葉身窒素含有率、乾物生産ともに T 202 では処理が終わると約 15 日で回復したのに対し、T 201 では回復しなかった。子実収量は乾物生産量の減少によって低下したが、その程度も T 202 で小さかった。このような両系統の違いは、根粒による固定窒素供給の有無によってもたらされた。すなわち、T 202 は根粒が着生することによって過湿障害が軽減され、それからの回復も早められることが明らかとなった。また、以上の結果から判断して、根粒による固定窒素の供給は湿害を軽減するうえで重要な役割をはたしているものと推察された。

キーワード：乾物生産、根粒着生・非着生系統、子実収量、湿害、ダイズ、窒素固定。

Excess Moisture Injury of Soybeans Cultivated in an Upland Field Converted from Paddy IV. The significance of nodulation under excess moisture condition : Hideki SUGIMOTO and Tooru SATOU (College of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Ehime 790, Japan)

Abstract : The purpose of this experiment was to clarify the significance of nodulation of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) under the excess moisture condition. A pair of nodulating and non-nodulating lines, T202 and T201, were grown in an upland field converted from paddy. Flooding treatments were made in the furrows to the depth of 5 to 8cm for 8 to 10 days at three different stages : the flower-bud differentiation, the flowering and the ripening.

Nitrogen content in the leaf blade and dry matter production of both lines were decreased by the treatments in all stages, however those of T202 were not reduced so much as those of T201. At the flower-bud differentiation and the flowering stages, leaf nitrogen content and dry matter production of T202 recovered to the level of the control within 15 days after the end of the treatments, while those of T201 did not. Decrease in dry matter production induced by the treatments caused the decrease in seed yield, but seed yield of T202 was not reduced so much as that of T201. These differences in two lines were attributed to whether or not fixed nitrogen could be supplied by root nodules. As mentioned above T202, a nodulating line, could reduce excess moisture injury and could soon recover from it. Therefore, it can be proved that root nodules play an important role to reduce the excess moisture injury.

Key words : Dry matter production, Excess moisture injury, Nitrogen fixation, Nodulating and non-nodulating lines, Seed yield, Soybean.

ダイズは土壤中に含まれる化合態窒素（土壌および肥料窒素）を根によって吸収するだけでなく、根粒菌との共生により空気中の窒素を固定、利用することのできる作物である。また、他の作物とくらべてその子実生産に多量の窒素を必要とするが⁹⁾、そのうちのかかなりの部分を固定窒素に依存している⁶⁾。近年、根粒着生・非着生の同質遺伝子系統を利用することによって、固定窒素量の推定、あるいは生育や子実生産に対する固定窒素の意義について数多くの報告がなされている^{1,4,5,6,7,8,12,13,14,15)}。

本実験では、根粒着生系統「T 202」と根粒非着

生系統「T 201」の同質遺伝子系統^{2,16)}を水田転換畑で栽培し、花芽分化期、開花期および登熟期の各生育段階に過湿処理を行い、窒素同化、乾物生産ならびに子実収量に及ぼす処理の影響を比較することによって、湿害発生時およびその後の回復における根粒の役割について考察した。

材料と方法

本実験は第 1, 2 報^{10,11)}における 1985 年度の実験と同時進行の形で、供試材料だけを変えて過湿処理を行ったものである。すなわち、根粒着生系統「T 202」および根粒非着生系統「T 201」の同質遺伝子系統を転換 1 年目の圃場で栽培し、花芽分化期

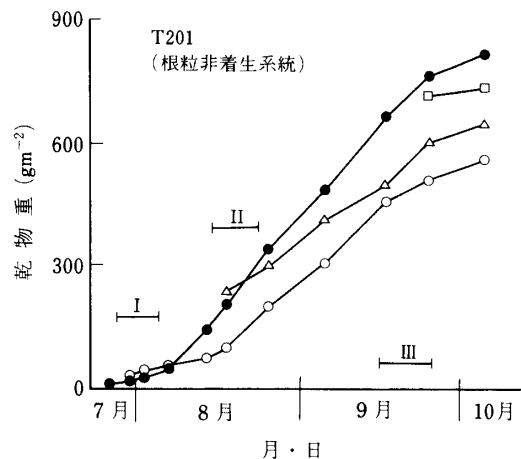
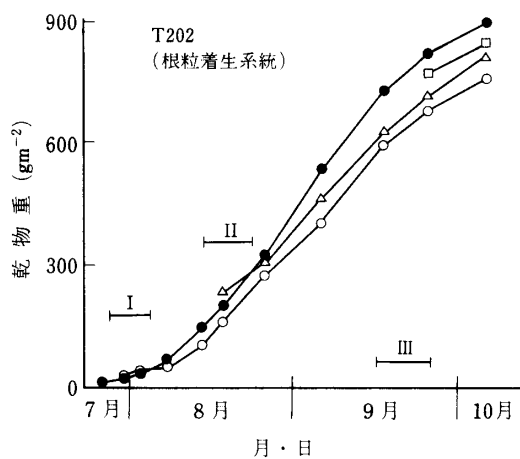
* 大要は、第181回講演会（昭和61年4月）において発表。

(7月27日～8月5日), 開花期 (8月14日～23日) および登熟期 (9月15日～25日) に, 畦間に5～8 cm の深さに水を溜めて過湿処理を行った。播種期は7月8日で, 肥料は基肥として, 耕起前に苦土石灰を 100 gm^{-2} , また播種前に窒素 (硫酸), リン酸 (過リン酸石灰), カリ (硫酸カリ) をそれぞれ1, 6, 6 gm^{-2} 全面に施した。乾物重, 子実収量, 窒素含有率の各調査法は第1, 2報と同様である。各処理区の面積は約 40 m^2 , 子実収量の調査は各区約40個体について行った。

花芽分化期, 開花期および登熟期における処理区は第1, 2報の表記に従って, それぞれWI区, WII区およびWIII区と略記する。

結 果

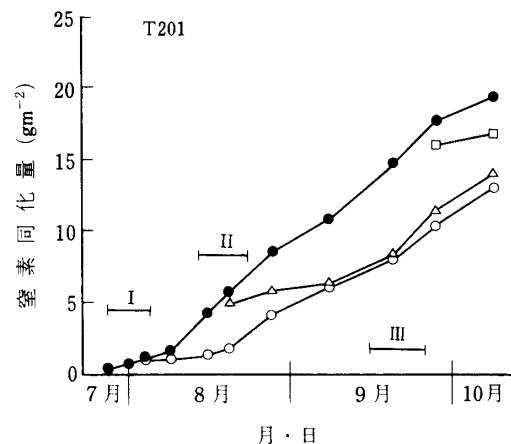
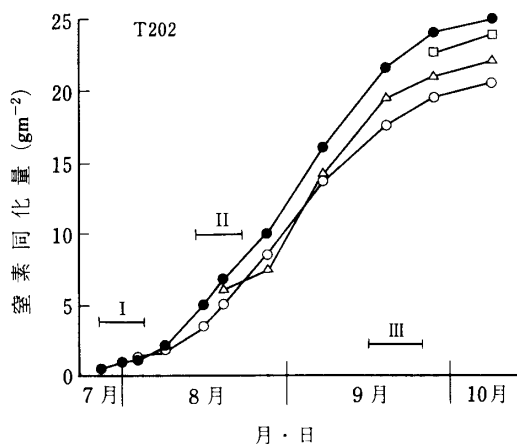
1. 乾物重および窒素同化量



第1図 乾物重 (地上部) に及ぼす土壌の過湿処理の影響。

●: 対照区, ○: 花芽分化期処理 (WI 区), △: 開花期処理 (WII 区), □: 登熟期処理 (WIII 区).

I, II, III: WI区, WII区, WIII区における処理期間。



第2図 窒素同化量 (地上部) に及ぼす土壌の過湿処理の影響。

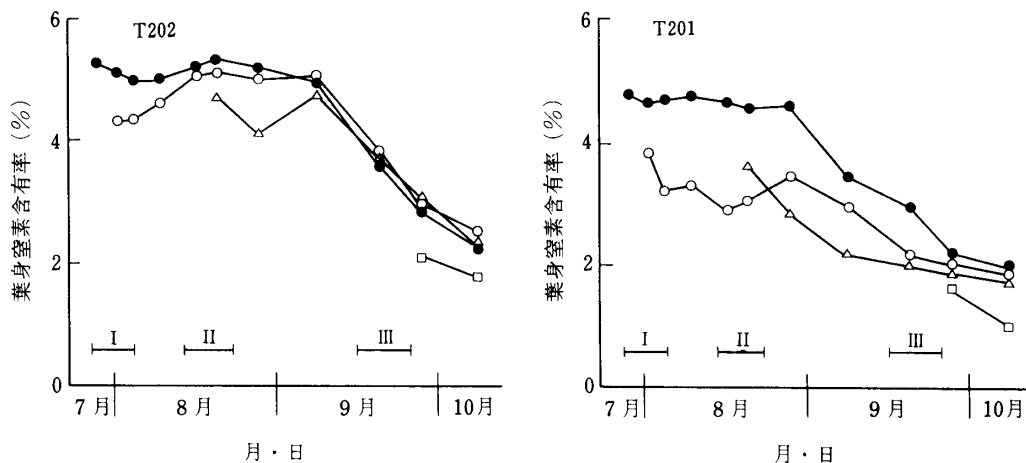
図中の符号は第1図と同じ。

地上部乾物重ならびに地上部窒素同化量 (根による吸収窒素量と根粒による固定窒素量の合計) の推移を第1, 2図に示した。両系統とも処理によって乾物重の増加は抑制され, 最終調査日では, 対照区に対する各処理区の乾物重の割合は, T202においてはWI区85%, WII区91%, WIII区95%, T201においてはWI区68%, WII区82%, WIII区89%で, 生育段階が早いほど処理の影響が大きかった。また, 両系統を比較すると, 乾物重の減少は根粒非着生系統であるT201で著しかった。

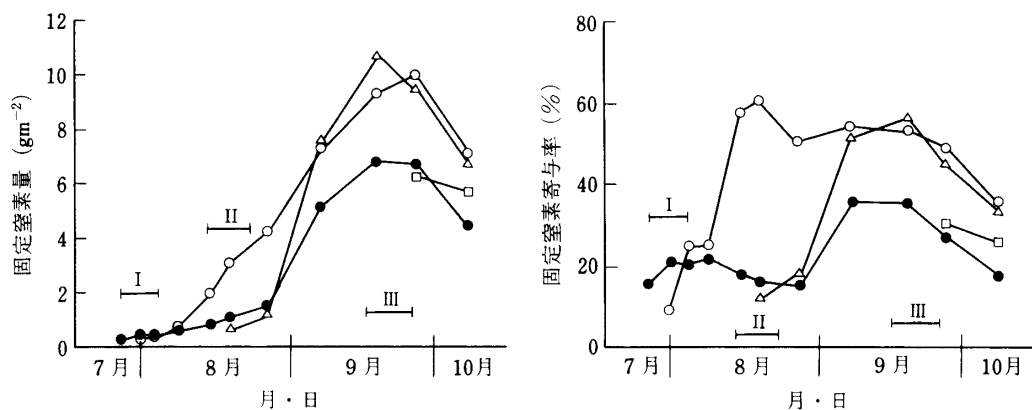
窒素同化量も乾物重とほぼ同様の傾向であったが, T201のWII区では特に低く推移した。

2. 葉身窒素含有率

光合成器官である葉身における窒素含有率の推移を第3図に示した。対照区の葉身窒素含有率は, 生育前半ではT202は約5.2%, T201は約4.7%で



第3図 葉身窒素含有率に及ぼす土壌の過湿処理の影響。
図中の符号は第1図と同じ。



第4図 T202における固定窒素量 (T202の窒素同化量-T201の窒素同化量), ならびに固定窒素寄与率 (固定窒素量/全窒素同化量 $\times 100$) に及ぼす土壌の過湿処理の影響。図中の符号は第1図と同じ。

ほぼ一定値で推移したが、T202では子実が肥大し始めた9月中旬より、T201ではそれよりやや早く、莢が形成され始めた8月下旬より低下していった。WI区とWII区における葉身窒素含有率は、処理開始とともに低下したが、その程度はT201で著しく大きかった。また、処理終了後はT202が約15日で回復したのに対して、T201は低値のまま推移し回復しなかった。WIII区においては、両系統とも処理により急速に低下し、葉の枯死・脱落が観察された。

3. 窒素固定量

T202とT201の窒素同化量の差を根粒による固定窒素量とみなし(第4図-左図)、全窒素同化量に対する固定窒素の割合(固定窒素寄与率、第4図-右図)を推定した。WI区とWII区における固定窒素量および固定窒素寄与率は処理終了直後から増大し始め、対照区よりも高くなった。このことから、根系の窒素吸収が抑制される過湿処理終了後の

窒素供給は、根粒による窒素固定に依存する割合が大きいたことが示唆された。

4. 子実収量および収量構成要素

両系統とも、生育段階が早いほど処理による減収程度が著しかった(第1表)。T202に対するT201の各区における子実収量の割合はWII区が最も低く、開花期に処理した場合に根粒着生の有無による違いが最も顕著にあらわれた。両系統に共通な減収要因は、WI区では莢数と一莢粒数、WII区では莢数、WIII区では百粒重の減少であった。さらに、T201についてはWII区で百粒重の著しい減少がみられた。

5. 子実における無機成分含有率

子実における無機成分含有率を第2表に示した。なお、同時に調査したタマホマレの測定結果も同表に掲げた。T201における窒素含有率が全般的に低く、とりわけWII区で著しく低かった他は、いずれの無機成分についても系統(品種)間差および処

理区間差はほとんどみられなかった。

考 察

乾物重に及ぼす過湿処理の影響は、第1図に示したように根粒着生の有無によって異なった。この原因を解析するために生長解析を行い、その結果を第5図に示した。図中の斜線部分は T202 の各生長パラメータが T201 のそれらよりも高い期間である。

第1表 収量および収量構成要素に及ぼす土壌の過湿処理の影響。

系統	処理区	莢数 (m^{-2})	一莢粒数 (pod^{-1})	百粒重 (g)	子実収量 (gm^{-2})
T202	対照区	725	2.45	20.8	369(100)
	W I 区	534	2.19	20.7	242(100)
	W II 区	597	2.43	21.7	315(100)
	W III 区	711	2.41	19.2	329(100)
T201	対照区	693	2.38	19.4	320(87)
	W I 区	492	2.09	19.1	196(81)
	W II 区	584	2.39	16.6	232(74)
	W III 区	657	2.37	17.6	274(83)

カッコ内の数値は T202の子実収量に対する割合(%). 処理区の符号は第1図と同じ。

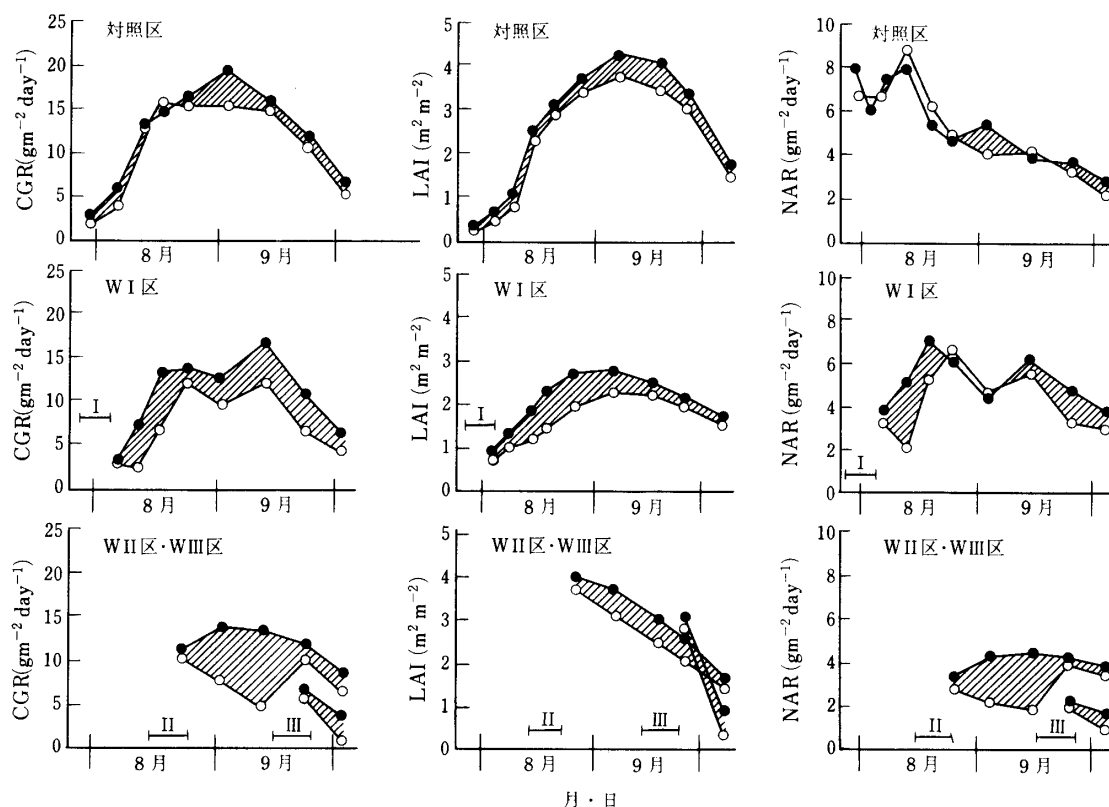
る。対照区における個体群生長速度 (CGR) は、T202 で全般的に高かったが、系統間差は比較的小さかった。これは、圃場が転換1年目であったこと

第2表 子実の無機成分含有量(%)に及ぼす土壌の過湿処理の影響

系 統 (品種)	処理区	N	P	K	Ca	Mg
T202	対照区	6.25	0.71	2.03	0.35	0.39
	W I 区	6.36	0.70	1.95	0.39	0.41
	W II 区	6.29	0.72	2.06	0.38	0.40
	W III 区	6.18	0.75	2.06	0.40	0.40
T201	対照区	5.75	0.75	2.02	0.39	0.39
	W I 区	5.80	0.77	2.04	0.39	0.37
	W II 区	4.50	0.81	2.10	0.42	0.37
	W III 区	5.52	0.80	2.05	0.39	0.40
タマホマレ	対照区	5.98	0.75	1.90	0.33	0.36
	W I 区	6.12	0.73	1.95	0.35	0.34
	W II 区	5.86	0.70	2.00	0.36	0.34
	W III 区	5.86	0.77	1.94	0.39	0.34

N:窒素, P:リン, K:カリウム, Ca:カルシウム, Mg:マグネシウム。

処理区の符号は第1図と同じ。



第5図 個体群生長速度 (CGR), 葉面積指数 (LAI), 純同化率 (NAR) に及ぼす土壌の過湿処理の影響。

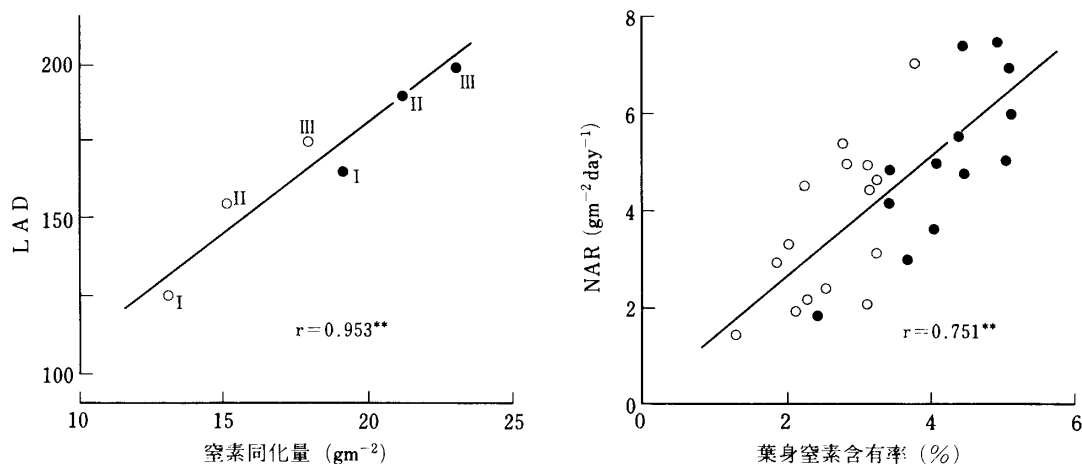
●: T202, ○: T201. 処理区の符号は第1図と同じ。上段: 対照区, 中段: WI 区, 下段: WII 区および WIII 区。図中の斜線部分は T202 が T201 より高い期間。

から、土壌が肥沃で根粒着生の有無が乾物生産に大きな差をもたらさなかったことによるものと考えられる。しかし、過湿処理を行った WI, WII, WIII 区では CGR の系統間差が大きくなり、なかでも WII 区でその差が大きかった。純同化率 (NAR) は CGR とほぼ同様の傾向で推移し、葉面積指数 (LAI) は各区とも T 201 の方が約 0.5 低く推移した。

CGR は LAI と NAR の積によって求められるが、WI 区、WII 区および WIII 区における CGR の系統間差は LAI, NAR の双方によってもたらされたことが第 5 図より判断できる。第 6 図には WI, WII, WIII 区における窒素同化量と葉積 (LAD) および葉身窒素含有率と NAR との関係を示した。全生育期間における葉積は窒素同化量と、NAR は葉身窒素含有率とそれぞれ密接な関係を示

したことから、処理区における CGR の系統間差は根粒着生の有無による窒素供給量の差によってもたらされたと考えられる。すなわち、T 201 においては処理によって根が障害を受けた結果、地下部からの窒素の供給量が減少したために葉面積の拡大が抑制され、さらに葉身窒素含有率も低下し (第 3 図)、光合成が減少して NAR が低下したものと考えられる。これに対して、T 202 においては第 4 図にみられるように、処理終了後は根粒の動きが活発となって固定窒素量が増大し、窒素の供給が増えた結果 LAI および NAR の減少が軽減されたものと思われる。したがって、両系統における処理による乾物生産の違いは、窒素供給量の差、すなわち根粒による固定窒素供給の有無によってもたらされたものと結論できる。

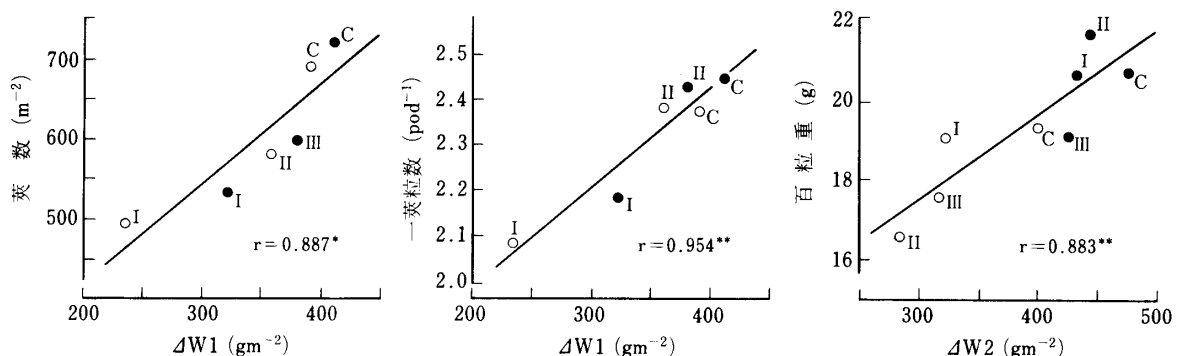
子実収量に及ぼす過湿処理の影響をみていくと、



第 6 図 過湿処理区における窒素同化量と全生育期間の葉積 (LAD) および葉身窒素含有率と NAR との関係。

●: T202, ○: T201, **: 1 % 水準で有意。

I, II, III: 花芽分化期処理, 開花期処理および登熟期処理。



第 7 図 乾物生産量と収量構成要素との関係。

ΔW 1, ΔW 2: 生育前半 (出芽～8 月 31 日まで) および後半 (9 月 1 日～10 月 8 日) における乾物生産量。

●: T202, ○: T201, *, **: 5 %, 1 % 水準で有意。

C, I, II, III: 対照区, 花芽分化期処理, 開花期処理および登熟期処理。

両系統に共通な子実収量低下要因は、WI 区では莢数と一莢粒数、WII 区は莢数、そして WIII 区は百粒重の減少であった (第1表)。第1報¹⁰⁾ においては、過湿処理による莢数の減少は生育前半の乾物生産量の不足に、百粒重の減少は生育後半の乾物生産量の不足によってもたらされたことを明らかにした。本報においても、第7図に示したように、生育前半 (播種～8月31日) の乾物生産量と莢数ならびに一莢粒数、生育後半 (9月1日～最終調査日) の乾物生産量と百粒重との間にはそれぞれ密接な関係が認められた。また、第7図にみられるように、各生育段階における乾物生産量は T201の方がT202よりも少なく、それに対応して各収量構成要素も T201の方が小さかった。したがって、両系統における子実収量の差も、根粒着生の有無による窒素供給量の差を反映した乾物生産量の違いによってもたらされたものと言えよう。

子実収量に対して、根粒着生による違いが最も顕著にあらわれたのは開花期処理の WII 区であったが、これは T201の百粒重が著しく低かったことに起因した (第1表)。T202に対する T201の生育後半における窒素同化量の割合は対照区、WI 区、WII 区、WIII 区でそれぞれ 81、82、61、72% で、WII 区が最も低かった。すなわち、T201の WII 区においては、登熟期間中の窒素供給の低下が著しかったために乾物生産が顕著に低下し (第5図)、粒重の増加が抑制されたものと考えられる。また、同区における子実窒素含有率が著しく低かったのも、登熟期間中の窒素供給が低下したことによるものと推察され、登熟期の窒素供給は、子実収量ばかりでなく品質決定にも極めて重要^{1,4,5,6,12,14)} であることが示された。

以上のように、根粒着生系統の T202 は非着生系統の T201 よりも過湿処理による障害が軽く、それからの回復も早かった。このように過湿処理による両系統の違いは、根粒による固定窒素供給の有無によってもたらされたものと考えられる。また、根粒着生系統である栽培ダイズに短期過湿処理を行ったとき、多肥条件下の方が少肥より生育の回復が早かった³⁾ ことと併せて考えると、根粒による固定窒素の供給は、多肥条件と同様に地上部窒素同化量を高めるので、湿害を軽減するうえで効果的な役割を果たしているものと考えられる。

謝辞：本実験を行うに当たって、協力いただいた

本学学生松長茂治君に感謝します。

引用文献

1. 浅沼興一郎 1980. 根粒の有無がダイズの生育ならびに体内成分に及ぼす影響. 香川大学農学部学術報告 32:1-7.
2. Clark, F.E. 1957. Nodulation responses of two near isogenic lines of soybean. *Can. J. Microbiol.* 3:113-123.
3. 福井重郎・松本重男・昆野昭晨 1963. 土壌水分並びに施肥条件が大豆の溢泌液に及ぼす影響. 日作紀 31:327-331.
4. 橋本鋼二 1971. 大豆の生育時期別発達に対する肥料ならびに固定窒素の意義. 北海道農試彙報 99:17-29.
5. Hashimoto, K. 1976. The significance of nitrogen nutrition to the seed yield and its relating characters of soybeans. —With special reference to cool summer injury—. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.* 114:1-87.
6. 星 忍・石塚潤爾・仁紫宏保 1978. 窒素質肥料の追肥が大豆の生育と子実生産に及ぼす影響. 北海道農試研報 112:13-54.
7. 串崎光男・———・赤松房江 1964. 大豆の栄養生理学的研究. 第1報 根粒着生の状況が大豆の生育、収量、養分吸収に及ぼす影響. 土肥誌 35:319-322.
8. Parker, M.B. and H.B. Harris 1977. Yield and leaf nitrogen of nodulating and nonnodulating soybeans as affected of nitrogen and molybdenum. *Agron. J.* 69:551-554.
9. Sinclair, T.R. and C.T. de Wit 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science* 189:565-567.
10. 杉本秀樹・雨宮 昭・佐藤 亨・竹之内篤 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害. 第1報 土壌の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響. 日作紀 57:71-76.
11. ————・———・——— 1988. ————. 第2報 土壌の過湿処理が出液、気孔開度ならびに無機成分の吸収に及ぼす影響. 日作紀 57:77-82.
12. 田中 明・藤山英保・森谷和仁・E.I. Oka 1978. 大豆および菜豆の窒素肥料反応. 土肥誌 49:406-411.
13. Vest, G. 1971. Nitrogen increases in a nonnodulating soybean genotype grown with nodulating genotypes. *Agron. J.* 63:356-359.
14. Weber, C.R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: I. Agronomic and chemical attributes. *Agron. J.* 58:43-46.
15. ———— 1966. ————. II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. *Agron. J.* 58:46-49.
16. Williams, L.F. and D.L. Lynch 1954. Inheritance of nonnodulating character in the soybean. *Agron. J.* 46:28-29.